Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, Spring 2024, p. 21-39

Improving Vase Life of Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* L.) Cut Flowers with Orange Spring Essential Oil, Fulvic Acid and Copper Nanoparticles Application

B. Kaviani[1], M.R. Safari Motlagh[2*], S. Hataminejad[3]

1 and 3- Professor and M.Sc., Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, respectively.
2- Associate Professor, Department of Plant Protection, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: safarimotlagh@iaurasht.ac.ir)

Received: 06-03-2021 Revised: 08-10-2021 Accepted: 11-10-2021 Available Online: 11-10-2021	**How to cite this article:** Kaviani, B., Safari Motlagh, M.R., & Hataminejad, S. (2024). Improving vase life of Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* L.) cut flowers with orange spring essential oil, fulvic acid and copper nanoparticles application. *Journal of Horticultural Science*, *38*(1), 21-39. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2021.69263.1030

Introduction

Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolum* L.) is one of the most important cut flowers in the world, which currently ranks second in the world after rose in terms of economy and cultivation. Stem end blockage and water stress are two problems in decreasing the vase life of chrysanthemum cut flowers. Cut flowers undergo physiological and biochemical alterations which often lead to an early senescence. Steps to delay the senescence process rely on consideration of many aspects of handling process particularly the preservative solution that will influence the quality and longevity of the flowers. Many flowers are harvested before they are fully developed, to ensure a long postharvest life and to minimize mechanical damages which may occur during handling. Many researches have been performed to prolong the vase life of chrysanthemum cut flowers with different treatments like essential oils, organic acids and nanoparticles. Essential oils are aromatic oily liquids obtained from some aromatic plant materials. In vase solution, microorganisms cause stem obstruction and accelerate the aging of petals. Microorganisms and their toxic products restrict water uptake by blocking the end of the stem. Water balance, which is an important factor in maintaining the quality and longevity of cut flowers and the inability to uptake water are the main causes of senescence. The presence of disinfectants in the vase solution prevents the growth of microorganisms, protects the vessels against disintegration, and ultimately increases the vase life. Most of nanoparticles have antibacterial effects and their application in vase solution hinders microorganism growth and vascular blockage. Nanoparticles have high area-to-volume ratio, high efficiency, and low toxicity. Some nanoparticles penetrate into the cells of bacteria, disrupt their respiration chain, and cause disorder in their cell division, thereby killing them. They also inhibit the accumulation of bacteria in vase solution and stem end of cut flowers. Various studies have reported the positive impact of nanoparticles on decreasing microbial load, reducing transpiration from leaf surface, and preserving water uptake. Studies on postharvest longevity of chrysanthemum cut flowers using these compounds is low. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the effect of orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on vase life and some physiological parameters of chrysanthemum cut flowers.

Materials and Methods

The experiment was performed based on randomized completely design with three replicates in order to investigate the effect of different levels of fulvic acid (50, 100 and 150 mg l^{-1}), orange spring essential oil (10, 30 and 50%) and copper nanoparticles (5, 10 and 20 mg l^{-1}) in comparison to control (distilled water + 3% sucrose + 30 mg l^{-1} 8-

https://doi.org/10.22067/jhs.2021.69263.1030

hydroxyquinoline sulphate) on postharvest parameters of chrysanthemum cut flowers. Measured parameters included vase life, solution uptake, vase solution bacterial population, stem end bacterial population, decreasing the brix degree, decreasing fresh weight, dry matter, total chlorophyll content, carotenoid content, protein content, and peroxidase and superoxide dismutase activity. Data were analyzed by SPSS statistical software package and means were compared with the LSD test at the probably level of 95%.

Results and Discussion

According to the obtained results, the effect of treatments on improving the quality characteristics of chrysanthemum cut flowers after harvest was significant. Results showed that the high vase life (16.33-17.00 days) was obtained with all three copper nanoparticles concentrations. The vase life of chrysanthemum cut flowers was extended to 17 days by the addition of 20 mg l^{-1} copper nanoparticles in preservative solution in compared to control with 14 days' vase life. Least solution bacteria colonies was obtained through the use of 5 mg l^{-1} copper nanoparticle. On the other hand, least stem end bacteria colonies was obtained using 10 and 30% orange spring essential oil. Solution uptake in these treatments was high, too. The effects of different treatments on some other physiological traits and antioxidant enzymes activity were measured. Many studies have been carried out on the effect of essences (herbal extracts) as antimicrobial agents on prolonging the vase life of cut flowers. In most of these studies, these essences could prolong postharvest life. Essences have been studied with the intension of incorporating them into integrated pest management to avoid or reduce the use of synthetic bactericides and fungicides. They also have antioxidant properties. Application of herbal extracts improved water absorption in rose cut flowers by preventing the vessel obstruction. The above results are similar to the results of this study. In most cases, when the cut flowers were treated with nanoparticles, they exhibited longer vase life, higher water uptake, and lower stem-end bacteria than the control flowers.

Keywords: Antioxidant enzymes, Essences, Postharvest longevity, Solution uptake, Vascular blockage

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۳۹-۲۱

بهبود عمر گلجای گل بریده داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) با استفاده از عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس

بهزاد کاویانی[۱]- محمدرضا صفری مطلق[۲]*- سارا حاتمی‌نژاد[۳]
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹

چکیده

گل داوودی یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده در جهان است که در حال حاضر از نظر تجاری و کشت، بعد از رز در رتبه دوم قرار دارد. گل‌های بریده عمر کوتاهی دارند، بنابراین بهبود ماندگاری آنها یکی از اهداف اصلی صنعت گل‌کاری می‌باشد. انسداد انتهای ساقه و تنش آبی دو مشکل در کاهش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده داوودی هستند. در پژوهش حاضر، اثرات اسید فولویک (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، عصاره بهار نارنج (۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) و نانوذرات مس (۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) در مقایسه با شاهد روی شاخص‌های پس از برداشت گل‌های داوودی ارزیابی شدند. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر تیمارها روی بهبود ویژگی‌های کیفی گل‌های شاخه‌بریده داوودی بعد از برداشت معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که عمر گلجای بالا (۱۶/۳۳ تا ۱۷ روز) با هر سه غلظت نانوذرات مس به دست آمد. بالاترین عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده داوودی توسط افزودن ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس در محلول نگهدارنده به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد ۳ روز عمر گلجای را افزایش داد. کمترین تعداد کلونی‌های باکتریایی انتهای ساقه طی استفاده از ۱۰ و ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج و ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و کمترین تعداد این کلونی‌ها در محلول طی استفاده از ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس به‌دست آمد. همچنین، جذب محلول در تیمارهای ۱۰ و ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج و ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس بالا بود. در مجموع، استفاده از غلظت‌های مناسب نانوذرات مس و عصاره بهار نارنج باعث بهبود عمر گلجای، برخی صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اسانس‌ها، انسداد آوندی، جذب محلول، طول عمر پس از برداشت

مقدمه

طبق آخرین آمار رسمی جهانی در سال ۲۰۰۸، در مجموع، ۱۲۱ کشور، صادرات گل‌های شاخه‌بریده داشته‌اند و ایران در رتبه ۶۷ قرار داشته است. ایران در سال ۸۸ با تولید سالانه حدود دو میلیارد شاخه گل، از نظر تولید، در رتبه ۱۷ جهان و از نظر صادرات، با صادرات سالانه تنها ۱۰ میلیون شاخه در بین ۱۵۰ کشور دنیا، در رتبه ۱۰۷ قرار گرفت (Edrisi, 2010). مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده تولیدی در ایران؛ رز، گلایول، مریم، میخک، داوودی، لیلیوم، پرنده بهشتی، ژربرا، آنتوریوم، مارگریت و آفتابگردان زینتی است (Chizari *et al*., 2007).

گل‌های بریده عمر کوتاهی دارند و به‌صورت تازه مصرف می‌شوند و بهبود ماندگاری آنها یکی از اهداف اصلی صنعت گل‌کاری می‌باشد (Hematzadeh *et al*., 2008). علی‌رغم این‌که گل‌های شاخه‌بریده در بین محصولات باغی ارزش اقتصادی زیادی دارند، اما جزء فسادپذیرترین آنها به‌حساب می‌آیند. تنفس بالا، حساسیت به آسیب‌دیدگی و فسادپذیری سریع آنها باعث گردیده است که به مراقبت بیشتری در مرحله پس از برداشت نیاز داشته باشند (Chanasut *et al*., 2003). با توجه به اهمیت کیفیت گل در تجارت گل‌های بریده، باید تلاش شود تا گل‌های بریده با کیفیت مطلوب به‌دست مشتری

۱ و ۳- به‌ترتیب استاد و کارشناس ارشد، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۲- دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: safarimotlagh@iaurasht.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2021.69263.1030

برسند. یکی از مهم‌ترین معیارها برای مصرف‌کننده در انتخاب گل بریده، طول عمر آن می‌باشد؛ به‌همین دلیل یک برنامه مناسب بعد از برداشت به حفظ کیفیت گل‌های بریده در زمان طولانی‌تر کمک می‌کند (Eason *et al*., 2001).

داوودی با نام علمی *Chrysanthemum morifolium* L. از خانواده کلاهپرک‌سانان (Asteraceae) است و انتخاب آن نه فقط بر مبنای شکل و رنگ گل‌ها بلکه از لحاظ قدرت گلدهی در تمام فصول سال و کیفیت گل‌ها پس از برداشت نیز انجام می‌گیرد (Dole & Wilkins, 1999). این گل یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی در دنیا می‌باشد و دارای بیش از ۲۰۰ گونه است (Ghasemi Ghahsareh & Kafi, 2006) که هم به‌صورت گلدانی و هم به‌صورت بریدنی در بازارهای جهانی داد و ستد می‌شود به‌طوری‌که امروزه رتبه دوم جهانی را پس از گل رز از لحاظ اقتصادی و کشت و کار دارا است (Nabigol *et al*., 2007). گل داوودی دارای عمر گلجای طولانی است که به تولید کم اتیلن در دوران پیری آن نسبت داده می‌شود (Bartoli *et al*., 1996). این گل از گروه گل‌های نافرازگرا است و پیری آن در پاسخ به تغییراتی است که در میزان کربوهیدرات‌ها رخ می‌دهد (Adachi *et al*., 1999). یکی از دلایل کاهش کیفیت گل بریدنی داوودی، پژمردگی برگ‌های آن است (Halvey & Mayak, 1979) و تأخیر در پژمردگی برگ و به‌دنبال آن تأخیر در پیری سبب طولانی‌تر شدن عمر گلجای داوودی می‌گردد (Petridou *et al*., 2001). افزایش کیفیت و طول عمر گل‌های بریده، از مهم‌ترین مباحث در فیزیولوژی پس از برداشت و صنعت گل‌کاری است. به‌طور کلی، گل‌های شاخه‌بریده، عمر پس از برداشت کوتاهی دارند و اعمال برخی تیمارها می‌تواند طول عمر آنها را افزایش دهد (Mirdehghan *et al*., 2012).

چاناسوت و همکاران (Chanasut *et al*., 2003) نشان دادند که طول عمر گل‌های شاخه‌بریده اغلب توسط تجمع باکتری در ساقه گل‌ها و انسداد آوندی و در نتیجه کاهش جذب آب محدود می‌شود. اکثر مواد میکروب‌کش هنگامی که در غلظت‌های بالا برای کنترل میکروب‌ها به‌کار می‌روند، برای گل‌های شاخه‌بریده مسمومیت ایجاد می‌کنند که از جمله این مواد نمک‌های مس، روی، کبالت، نیکل و اسانس‌های گیاهی هستند (Bounatirou *et al*., 2007). افزودن ترکیبات متعدد ضد میکروبی مانند ۸-هیدروکسی کوئینولین سولفات و استرهای کوئینولین در آب گلدان به‌دلیل کاهش تعداد باکتری، طول عمر گل را افزایش می‌دهد (Anju *et al*., 1999; Hussein, 1994; Khalighi & Shafie, 1999)، اما غلظت مؤثر این ترکیبات پادزیست ممکن است برای گل‌ها سمی باشد. کارایی ۸–هیدروکسی کوئینولین به همراه سوکروز در افزایش عمر گلجای در برخی مطالعات نشان داده شد (Ichimura *et al*., 1999). به‌عنوان مثال، در آزمایشی که در مورد ارزیابی میزان ماندگاری و طول عمر گل شاخه‌بریده رز رقم 'بلک ماجیک' و نیز تعیین عوامل مؤثر در افزایش عمر گلدانی این رقم، به‌ویژه اتیلن و کربوهیدرات‌های محلول، انجام شد، مشخص گردید که همه تیمارهای مورد استفاده شامل ۸–هیدروکسی کوئینولین سیترات، تیوسولفات نقره و سولفات آلومینیوم در غلظت‌های مختلف، به‌تنهایی و یا همراه با سوکروز باعث افزایش طول عمر گل‌ها نسبت به شاهد شدند و در بین آنها، غلظت ۰/۴ میلی‌مولار تیوسولفات نقره و سوکروز تأثیر بهتری داشت (Nabigol, 2011). کارآیی ۸–هیدروکسی کوئینولین به‌همراه سوکروز در افزایش عمر گلجای در برخی مطالعات نشان داده شد (Ichimura *et al*., 1999).

عصاره‌ها یا اسانس‌های گیاهی در مقابل برخی عوامل بیماری‌زا، خواص ضد میکروبی قوی از خود نشان می‌دهند و خاصیت ضد میکروبی آنها در علوم دیگر به اثبات رسیده است (Bounatirou *et al*., 2007). در آزمایشی که روی تأثیر اتانول، متانول و اسانس‌های گیاهی بر افزایش طول عمر گلجای آلسترومریا (*Alestroemeria hybrida* L.) انجام شد مشخص گردید که تیمارهای الکل، تأثیر مثبتی روی افزایش طول عمر گلجای گل‌ها نداشته‌اند در حالی‌که استفاده از اسانس‌های گیاهی توانست باعث افزایش طول عمر گلجای شود (Mousavi Bazaz & Tehranifar, 2011). این محققان نتیجه گرفتند که طولانی‌ترین عمر گلجای مربوط به تیماری بود که در آن از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسانس آویشن استفاده شده بود. میردهقان و همکاران (Mirdehghan *et al*., 2012) با استفاده از نیترات نقره و اسانس آویشن، زنیان و مرزه توانستند میزان وزن تر گل رز را از طریق کاهش از دست‌دهی آب، بهبود بخشیده و سبب افزایش عمر گل رز در مقایسه با شاهد شوند. همچنین آنها بیشترین میزان عمر گلجای را در تیمار اسانس‌های مرزه، آویشن و زنیان با پیش‌تیمار نیترات نقره گزارش کردند. دامونوپولا و همکاران (Damunupola *et al*., 2010) بیان کردند که اسانس گیاهان دارویی خاصیت میکروب‌کشی داشته و می‌تواند جای‌گزین ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در محلول‌های نگهدارنده گل‌های بریده شود. گزارش شده است زمانی که اسانس گیاهان دارویی در محلول نگهدارنده گل بریده *Chamelaucium uncinatum* استفاده شود، سبب افزایش میزان جذب آب، وزن تر نسبی گل و عمر گلجای آنها می‌شود. نتایج دیگر آزمایش‌ها بیانگر نقش ضد قارچی اسانس گیاهان دارویی از جمله آویشن و زنیان بود (Maskouki & Mortazavi, 2005).

یکی از عناصر فلزی سنگین که در کنترل واکنش‌های اکسیداسیون و احیا به‌عنوان کوفاکتور سیتوکروم اکسیداز عمل می‌کند و به‌طور کلی در فرآیندهای انتقال الکترون، فتوسنتز، تنفس و حذف اثرات منفی رادیکال‌های سوپراکسید دخالت دارد، مس می‌باشد

(Edrisi, 2010). مس به‌دلیل فعالیت ضد میکروبی سبب افزایش طول عمر گل‌های شاخه‌بریده می‌شود (Majino, 1975)، همچنین در واکنش‌های آنزیمی مربوط به بیوسنتز و عملکرد اتیلن شرکت می‌کند (Panou Filotheou *et al.*, 2011). ادریسی و همکاران (Edrisi *et al.*, 2008) اثر محلول‌های نگهدارنده بر افزایش طول عمر پس از برداشت و شکوفایی گل میخک (*Dianthus caryophyllus* L.) را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ترکیبات مسی به‌ویژه سولفات مس بیشترین تأثیر را روی کیفیت گل داشتند.

مواد هیومیک مانند اسید هیومیک و اسید فولویک شامل طیف وسیعی از ترکیبات آلی و معدنی گوناگون نظیر اسیدهای آمینه، پپتیدها، فنل‌ها، آلدئیدها و اسیدهای نوکلئیک پیوند شده با انواع کاتیون‌ها هستند و استفاده از این ترکیبات در بسترهای کشت نقش مؤثری در بهبود رشد و نمو گیاهان دارد (Allahvirdizadeh & Nazari Deljou, 2014). اسیدهای فولویک به دو طریق گیاه را در برابر تنش‌های غیر زنده و به‌خصوص تنش‌های اسمزی مقاوم می‌سازند. اسیدهای فولویک با بیان ژن‌های انتقال‌دهنده مواد، موجب تسریع جذب مواد غذایی و افزایش غلظت شیره سلولی می‌گردند و از طرفی جذب مواد فولویکی در سیتوپلاسم موجب ایجاد فشار اسمزی لازم برای مقابله با تنش‌های اسمزی از جمله شوری، خشکی و یخبندان می‌گردند (Ghaffari Nejad *et al.*, 2020). استفاده از اسیدهای آلی به‌ویژه مواد هیومیک مانند اسید فولویک و اسید هیومیک برای افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده گزارش شده است (Chen & Aviad, 1990; Nikbakht *et al.*, 2012; Ravikumar & Natarajan, 2019) به‌عنوان مثال، اثر غلظت‌های مختلف اسید فولویک و اسید هیومیک بر افزایش عمر پس از برداشت گل بریده ژربرا توسط نیکبخت و همکاران (Nikbakht *et al.*, 2012) گزارش شد. اسید فولویک و اسید هیومیک روابط آبی گل بریده را اصلاح می‌کنند. همچنین، برخی از این اسیدهای آلی فعالیت‌های شبه تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی دارند (Nikbakht *et al.*, 2012; Nikbakht *et al.*, 2008).

هدف از پژوهش حاضر، بهبود عمر گلجای گل بریده داوودی با استفاده از غلظت‌های مختلف عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بود.

مواد و روش‌ها

گل‌های شاخه‌بریده داوودی (*Chrysanthemum morifolium* L.) در مرحله تجاری از گلخانه‌ای واقع در استان اصفهان برداشت گردیدند و بلافاصله با حفظ شرایط استاندارد برای انجام ارزیابی صفات به آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت منتقل شدند.

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در مطالعه حاضر

Table 1- Used treatments in the present study

نام کامل تیمار Treatment full name	نماد تیمار Treatment symbol
۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک 50 mg l^{-1} Fulvic acid	F_1
۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک 100 mg l^{-1} Fulvic acid	F_2
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک 150 mg l^{-1} Fulvic acid	F_3
۱۰ درصد عصاره گیاهی بهار نارنج 10% Orange spring essential oil	B_1
۳۰ درصد عصاره گیاهی بهار نارنج 30% Orange spring essential oil	B_2
۵۰ درصد عصاره گیاهی بهار نارنج 50% Orange spring essential oil	B_3
۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس 5 mg l^{-1} Copper nanoparticles	N_1
۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس 10 mg l^{-1} Copper nanoparticles	N_2
۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس 20 mg l^{-1} Copper nanoparticles	N_3
آب مقطر + ۳ درصد سوکروز + ۳۰ میلی‌گرم در لیتر ۸-هیدروکسی کوئینولین (شاهد) Distilled water + 3% sucrose + 30 mg l^{-1} 8-hydroxyquinoline sulphate (control)	Blank

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار؛ اسید فولویک در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، عصاره گیاهی بهار نارنج در سه سطح (۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) و نانو ذرات مس در سه سطح (۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) در سه تکرار در ۳۰ پلات و در هر پلات چهار شاخه گل در آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت انجام شد. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش به قرار جدول ۱ بود. از محلول حاوی آب مقطر + ۳ درصد سوکروز + ۳۰ میلی‌گرم در لیتر ۸–هیدروکسی کوئینولین سولفات به‌عنوان تیمار شاهد استفاده گردید. در این مطالعه، صفات؛ عمر گلجای، کاهش وزن تر و درصد ماده خشک، جذب محلول، شمارش کلونی باکتری عصاره ساقه و محلول گلجای، درجه بریکس، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، میزان پروتئین گلبرگ و رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای آماده‌سازی گل‌ها، ابتدا شاخه‌های داوودی به طول ۵۰ سانتی‌متر به‌صورت مورب در زیر آب بریده شدند و همه برگ‌ها تا گره سوم از پایین حذف گردیدند. تمامی گل‌ها با برچسب، کدگذاری شدند و پس از توزین با ترازوی دیجیتال و ثبت وزن تر اولیه، چهار شاخه گل در گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۲ لیتر قرار داده شدند، سپس به‌مدت ۲۴ ساعت به‌صورت پالس تحت تیمار با مواد مذکور قرار گرفتند. شرایط آزمایشگاه پس از برداشت شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود که توسط نور لامپ‌های سفید فلورسنت تأمین می‌شد. شدت نور ۱۲ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، دمای اتاق ۲ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی نیز بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بود. به‌منظور جلوگیری از اثرات مخرب نور بر نانوذرات مس، سطح خارجی گلجاها با فویل آلومینیومی پوشش داده شد. پس از تیمار گل‌های شاخه‌بریده به‌صورت پالس ۲۴ ساعته، در گلجاهای با ظرفیت ۵۰۰ میلی‌لیتر حاوی ۳۰ میلی‌گرم در لیتر ۸–هیدروکسی کوئینولین سولفات، ۳ درصد سوکروز و آب مقطر قرار گرفتند و تا پایان عمر گلجای درون آن نگهداری شدند.

اندازه‌گیری صفات

طول عمر گلجای: طول عمر گلجای به‌صورت فاصله شروع تیمار تا زمان پیری گل که همراه با پژمردگی گلبرگ‌ها و زرد شدن برگ‌ها می‌باشد تعریف و به‌صورت روز بیان شد. بدیهی است که هر یک از شاخه‌های گل هر پلات دارای طول عمر متفاوت بوده و میانگین آنها به‌عنوان طول عمر گلجای آن پلات در نظر گرفته شد (Mohammadi & Hashemabadi, 2016).

درصد ماده خشک: پس از پایان عمر گلجای هر گل، وزن تر آن اندازه‌گیری شد و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از اطمینان از خشک‌شدن کامل، گل‌ها با ترازوی دیجیتال توزین شدند و درصد ماده خشک آنها از رابطه زیر محاسبه گردید (Mohammadi & Hashemabadi, 2016):

$$\text{درصد ماده خشک} = \frac{\text{وزن خشک}}{\text{وزن تر}} \times 100$$

کاهش مواد جامد محلول: برای اندازه‌گیری کاهش مواد جامد محلول (درجه بریکس) از رفرکتومتر دستی مدل N-1α استفاده شد. بدین منظور از بازبرش‌های ۲ سانتی‌متری انتهای ساقه در ابتدا و انتهای عمر گلجای استفاده شد. یک قطره از آب موجود در برش‌ها (ریکات‌ها) روی صفحه شیشه‌ای رفرکتومتر ریخته شد و درجه بریکس آن قرائت گردید. تفاضل بین اعداد به‌دست آمده از اندازه‌گیری آغازین و پایانی عمر گلجای به‌عنوان کاهش درجه بریکس آن شاخه گل در نظر گرفته شد (Hashemabadi, 2006).

جذب آب: با توجه به حجم اولیه محلول گلجای (۵۰۰ میلی‌لیتر) و میزان تبخیر اتاق و کاهش حجم محلول، جذب آب از فرمول زیر محاسبه شد (Hashemabadi, 2006):

$$\text{جذب آب}(\text{ml g}-1\ \text{FW}) = 500 - \frac{(\text{محلول باقیمانده در پایان عمر گلجای} + \text{مقدار تبخیر اتاق در همان روز})}{\text{وزن تر گل}}$$

کاهش وزن تر: با توجه به میزان وزن تر اولیه، وزن تر نهایی و وزن بازبرش‌های انجام شده در طی عمر گلجای (هفته‌ای دو بار)، مقدار کاهش وزن تر بر حسب گرم به ازای هر شاخص گل طبق رابطه زیر محاسبه شد (Hashemabadi, 2006):

$$\text{کاهش وزن تر} = \text{وزن تر اولیه} - (\text{وزن بازبرش‌ها} + \text{وزن تر نهایی})$$

باکتری انتهای ساقه: مدت ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش، حدود ۲ سانتی‌متر (۰/۵ گرم) از ته ساقه بریده شد. نمونه سه مرتبه با آب دیونیزه شسته شد تا بار میکروب سطح آن کاهش یابد. سپس نمونه در هاون چینی کاملاً خرد و له شد و با محلول نرمال سالین ۰/۹ درصد رقیق گردید. آن‌گاه ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول روی تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت نوترینت آگار پهن شد و کلونی‌های باکتری ساقه ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، شمارش شدند (Liu *et al*., 2009).

باکتری محلول: مدت ۲۴ ساعت پس از تیمار عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس، مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول گلجای توسط سرنگ برداشته شد و با ۲ میلی‌لیتر محلول نرمال سالین ۰/۹ درصد رقیق گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول فوق روی تشتک

پتری حاوی محیط کشت نوترینت آگار پهن شد و کلونی‌های باکتری محلول ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، شمارش شدند (Oraee *et al*., 2011).

کلروفیل و کاروتنوئید: به‌منظور استخراج رنگیزه کلروفیل، در روز پنجم یک شاخه گل از هر پلات خارج شد و مقدار کلروفیل a، b و کل برگ‌ها با استفاده از روش مزمودار و مجومدار (Mazumdar & Majumder, 2003) اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ۰/۵ گرم از بافت برگ با ۵۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد (۸۰ میلی‌لیتر استون و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر) در هاون چینی عصاره‌گیری شد. محلول حاصل با کاغذ صافی واتمن صاف شد. سپس مقدار رنگدانه به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۰ و ۶۴۳ نانومتر خوانده شد و در آخر با کمک فرمول زیر مقدار کلروفیل برگ بر حسب میلی‌گرم در هر گرم وزن تر محاسبه شد.

کلروفیل a = ۹/۹۳ (A_{660}) −۰/۷۷۷ (A_{643})

کلروفیل b = ۱۷/۶ (A_{643}) −۲/۸۱ (A_{660})

کلروفیل کل = ۷/۱۲ (A_{660}) −۱۶/۸ (A_{643})

به‌منظور استخراج رنگیزه کاروتنوئید، در روز پنجم یک شاخه گل از هر پلات خارج شد و رنگیزه کاروتنوئید گلبرگ با استفاده از روش مزمودار و مجومدار (Mazumdar & Majumder, 2003) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۰/۵ گرم بافت گلبرگ با ۵۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد (۸۰ میلی‌لیتر استون و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر) در هاون چینی عصاره‌گیری شد. محلول حاصل با کاغذ صافی واتمن صاف شد. سپس مقدار رنگدانه به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۴۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد و در نهایت با کمک فرمول زیر مقدار کاروتنوئید گلبرگ بر حسب میکروگرم در هر گرم وزن تر محاسبه شد.

کاروتنوئید= ۴/۶۹ + A_{440} −۰/۲۶۸ ×(۲۰/۲) (A_{645}) + (۸/۰۲) (A_{663})

پروتئین گلبرگ: در روز پنجم عمر گلجای، یک شاخه از هر پلات خارج شد و توسط دستگاه خشک‌کن به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد. سپس مقدار پروتئین موجود در گلبرگ‌ها به روش بردفورد (Bradford, 1976) اندازه‌گیری شد. به این صورت که ابتدا محلول‌های مورد نیاز (بافر استخراج و معرف بردفورد) جهت استخراج پروتئین به قرار زیر تهیه شد. برای تهیه یک لیتر محلول استخراج، میزان ۱۲۱/۴ گرم تریس در یک لیتر آب مقطر حل شد و اسیدیته محلول توسط اسید کلریدریک نرمال به ۶/۸ رسانده شد. برای تهیه معرف بردفورد، مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم Comassie Brilliant Blue G-250 در ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد حل شد و به‌مدت یک ساعت عمل هم زدن به‌منظور حل شدن کامل صورت گرفت. سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵ درصد قطره قطره به محلول اضافه شد و حجم محلول کل با کمک آب مقطر به یک لیتر رسانده شد و محلول از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد. کلیه مراحل استخراج پروتئین از بافت گیاهی در شرایط سرد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. بافت گیاهی پس از انتقال از گلخانه به آزمایشگاه به‌وسیله فلاسک ازت مایع سریعاً توزین و در بسته‌های یک گرمی درون ورقه‌های آلومینیوم تا زمان عصاره‌گیری در فریزر ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و استخراج پروتئین در هاون چینی و میزان جذب نوری محلول حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد.

آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز: برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز در روز هفتم عمر گلجای، یک شاخه از هر پلات خارج شد و اندازه‌گیری به روش ین و همکاران (Yen *et al*., 2007) انجام شد. برای این منظور، از بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH ۷) حاوی EDTA ۰/۵ میلی‌مولار و پلی‌وینیل پولی‌پیرولیدین (PVPP) ۲ درصد استفاده گردید. ۴۵۰ میکرولیتر محلول H_2O_2 (۲۲۵ میلی‌مولار) و ۴۵۰ میکرولیتر محلول گایاکول (۲۲۵ میلی‌مولار) در دمای پایین (ظرف حاوی یخ) با هم مخلوط گردید و به آن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه شد و تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر دنبال گردید. در محلول بلانک به جای عصاره آنزیمی، ۱۰۰ میکرولیتر از بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH ۷) استفاده شد. در نهایت فعالیت آنزیم بر حسب nmol g^{-1} F.W. بیان گردید.

برای بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در روز هفتم عمر گلجای یک شاخه از هر پلات خارج شد و به روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از روش ژیانوپلیتیس و رایس (Giannopolitis & Ries, 1977) با کمی تغییر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اندازه‌گیری شد. نمونه‌های بافت در داخل یک هاون و در حضور نیتروژن مایع آسیاب شدند و به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند. مقدار ۰/۵ گرم از بافت منجمدشده با یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۵ مول، ۰/۱ گرم PVPP در pH ۷ رقیق شد. پس از هموژنایزکردن توسط هموژنایزر (مدل IKA-T8، ساخت آلمان)، نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند. محلول رویی به آرامی برداشته شد و با ریختن در تیوب بلافاصله به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی منتقل شد. محلول واکنش شامل EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولار و NBT ۷۵ میکرومولار و ریبوفلاوین ۲ میکرومولار (مجموعاً به اندازه یک میلی‌لیتر) و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. تیوب‌های حاوی محلول واکنش به مدت ۱۵ دقیقه در حالی که به آرامی تکان داده می‌شدند و در معرض نور فلورسانس (یک عدد لامپ فلورسانس حدود ۴۰۰ لوکس) و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

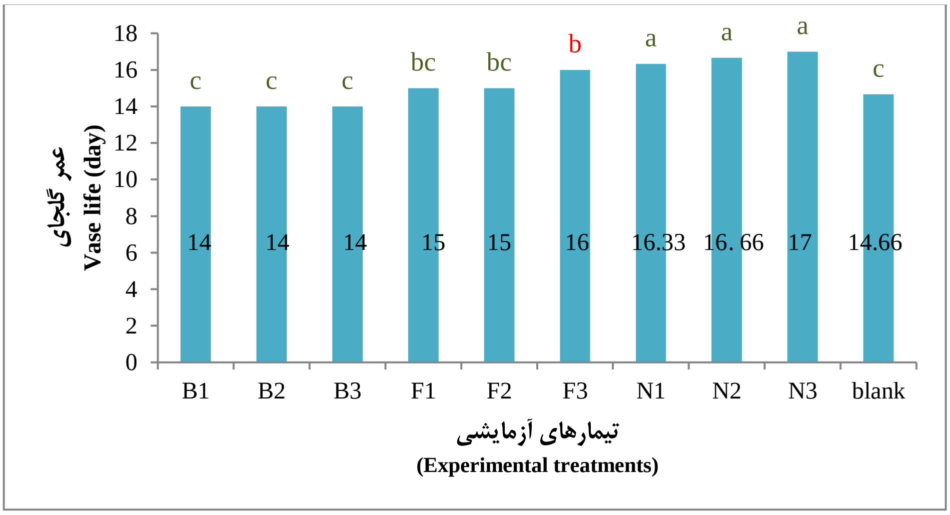
واکنش با انتقال تیوب‌ها به شرایط تاریکی متوقف شد و سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر قرائت شد. برای سنجش فعالیت این آنزیم علاوه‌بر کووت‌های نمونه و بلانک از کووت شاهد نیز استفاده شد، که محتوای واکنشی نمونه بلانک و شاهد مشابه نمونه اصلی است با این تفاوت که هر دو نمونه مذکور فاقد آنزیم بودند. لازم به ذکر است که نمونه کنترل به همراه نمونه‌ها در معرض نور قرار گرفت و نمونه بلانک در تاریکی قرار داده شد. برای هر نمونه سه قرائت بدون خطا ثبت شد. هر واحد فعالیت سوپراکسید دیسموتاز عبارت است از مقداری از آنزیم که برای ۵۰ درصد مهار احیای فتوشیمیایی NBT تحت شرایط سنجش نیاز است. فعالیت این آنزیم به صورت واحد آنزیم در گرم وزن تر ($IU\ g^{-1}$ F.W.) بیان شد.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه‌وتحلیل شد. از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید. نمودارها نیز با کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر تیمارهای مختلف روی عمر گلجای در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر عمر گلجای نشان داد که بیشترین میانگین (۱۷ روز) مربوط به تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس بود و کمترین میانگین (۱۴ روز) به تیمارهای عصاره بهار نارنج اختصاص داشت. البته تفاوت بین سطوح مختلف هر تیمار با هم و همچنین تفاوت بین سطوح مختلف عصاره بهار نارنج و تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک با تیمار شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۱).

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف روی شمارش تعداد باکتری محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد باکتری‌های محلول نشان داد که بیشترین تعداد (Log_{10} CFU ml^{-1}) (۹۰/۶۷) مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین آن (Log_{10} CFU ml^{-1}) (۴۹/۳۳) به تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس اختصاص داشت. تفاوت بین سطوح مختلف در تیمارهای عصاره بهار نارنج و اسید فولویک، معنی دار نبود. در مجموع تیمار شاهد نسبت به دیگر تیمارها از تعداد باکتری بیشتری برخوردار بود، اما تفاوت آن با تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس و نیز تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک معنی‌دار نبود (شکل ۲).

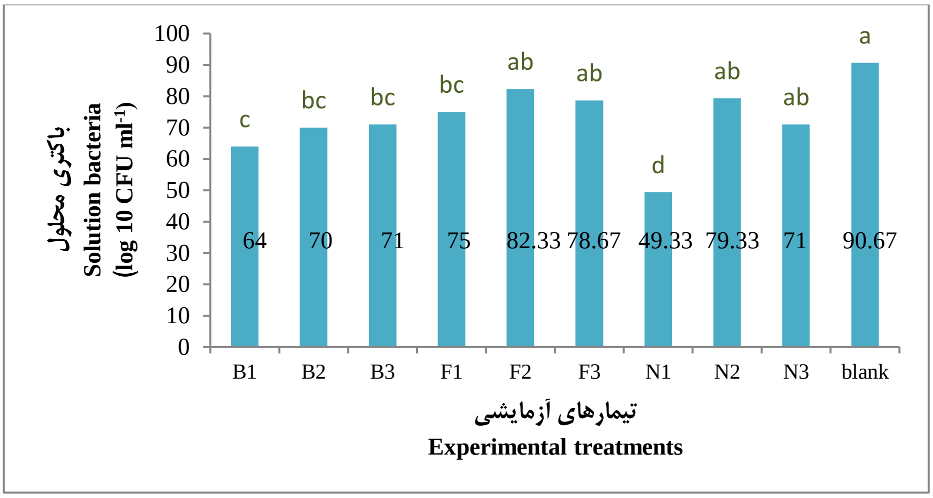


شکل ۱- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر عمر گلجای گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 1- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the vase life of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

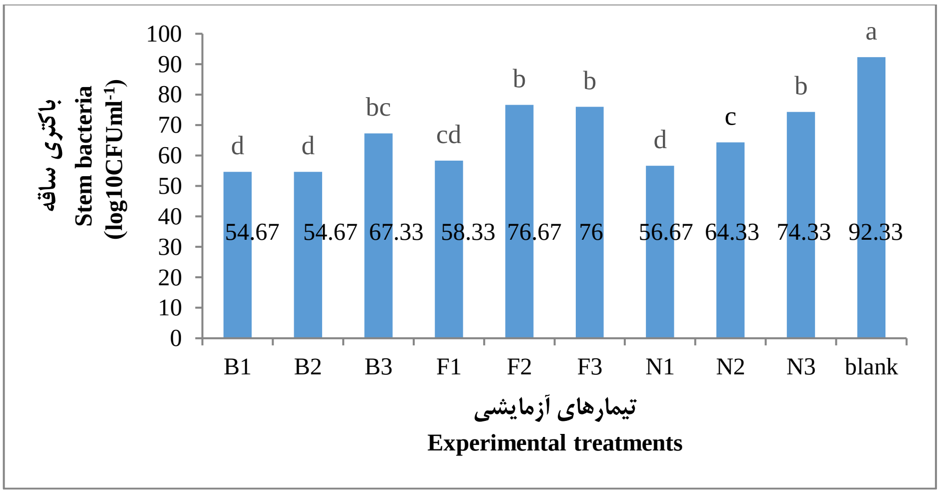


شکل ۲- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان باکتری محلول گل شاخه‌بریده داوودی

B1 ، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 2- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the solution bacteria population of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.



شکل ۳- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان باکتری ساقه گل شاخه‌بریده داوودی

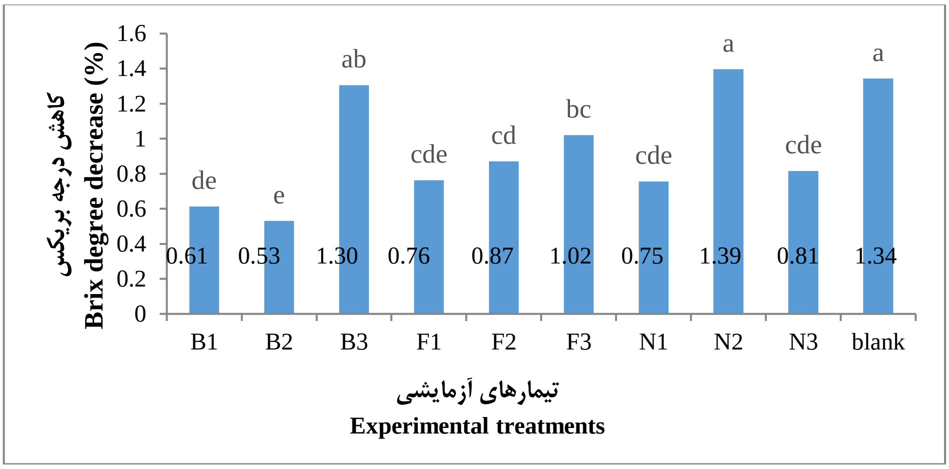
B1 ، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 3- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the stem bacteria population of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف روی شمارش تعداد باکتری ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد باکتری‌های ساقه نشان داد که بیشترین تعداد ($۹۲/۳۳ \ Log_{10}$ CFU ml^{-1}) مربوط به تیمار شاهد بود. در مجموع، تیمار شاهد بیشترین تعداد باکتری در بین تیمارها را دارا بود و تفاوت آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود. کمترین میانگین ($۵۴/۶۷ \ Log_{10}$ CFU ml^{-1}) به تیمارهای ۱۰ و ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج اختصاص داشت، البته تفاوت بین این دو تیمار با تیمار F_1 (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و تیمار N_1 (۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس) معنی‌دار نبود (شکل ۳).

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف روی مواد جامد محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار کاهش درجه بریکس نشان داد که بیشترین میانگین (۱/۳۹ درصد) مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس بود، اما تفاوت این تیمار با تیمارهای ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج و شاهد معنی‌دار نبود. کمترین میانگین (۰/۵۳ درصد) به تیمار ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج اختصاص داشت که تفاوت معنی‌داری با ۱۰ درصد عصاره بهار نارنج، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و همچنین تیمارهای ۵ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس نداشت (شکل ۴).

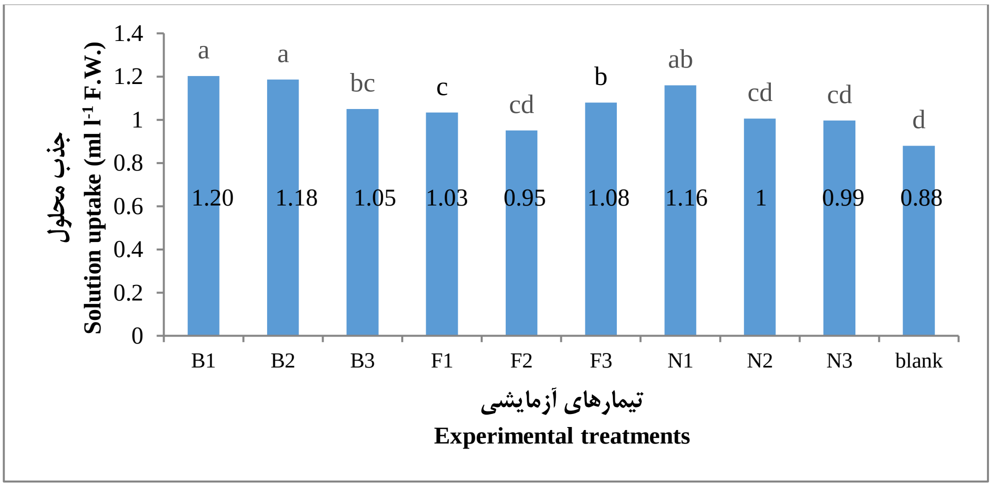


شکل ٤- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر کاهش درجه بریکس گل شاخه‌بریده داوودی

B1 ، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 4- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the decreasing brix degree of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.



شکل ۵- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان جذب محلول گل شاخه‌بریده داوودی

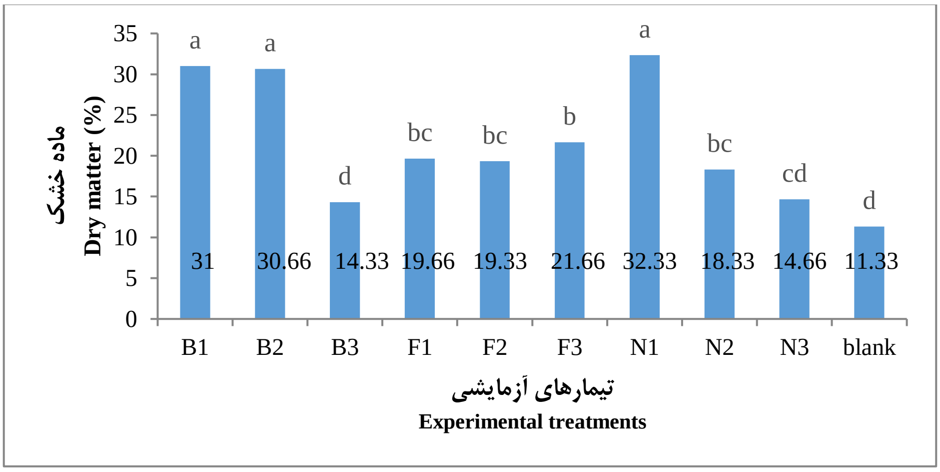
B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 5- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the amount of solution uptake of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

اثر تیمارهای مختلف بر جذب محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار جذب محلول نشان داد که بیشترین مقدار جذب محلول (۱/۲۰ میلی‌لیتر بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۱۰ درصد عصاره بهار نارنج بود که تفاوت آن با تیمار ۳۰ درصد این ماده و نیز تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس معنی‌دار نبود. کمترین میانگین (۰/۸۸ میلی‌لیتر بر گرم وزن تر) به گل‌های شاخه‌بریده تیمارنشده (شاهد) اختصاص داشت. در مجموع، با اینکه همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد از برتری برخوردار بودند، اما تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس و نیز ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک مشاهده نشد (شکل ۵).

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر تیمارهای مختلف روی درصد ماده خشک در سطح یک درصد را معنی‌دار نشان داد (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر درصد ماده خشک نشان داد که بیشترین میانگین (۳۲/۳۳ درصد) مربوط به تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس بود، اما تفاوت معنی‌داری با تیمارهای B_1 و B_2 (۱۰ و ۳۰ درصد اسانس بهار نارنج) نداشت. کمترین میانگین این صفت (۱۱/۳۳ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود، هرچند تفاوت آن با تیمارهای ۵۰ درصد اسانس بهار نارنج و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس معنی‌دار نبود (شکل ۶).



شکل ٦- اثر اسانس بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان ماده خشک گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 6- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the amount of dry matter of chrysanthemum cut flower

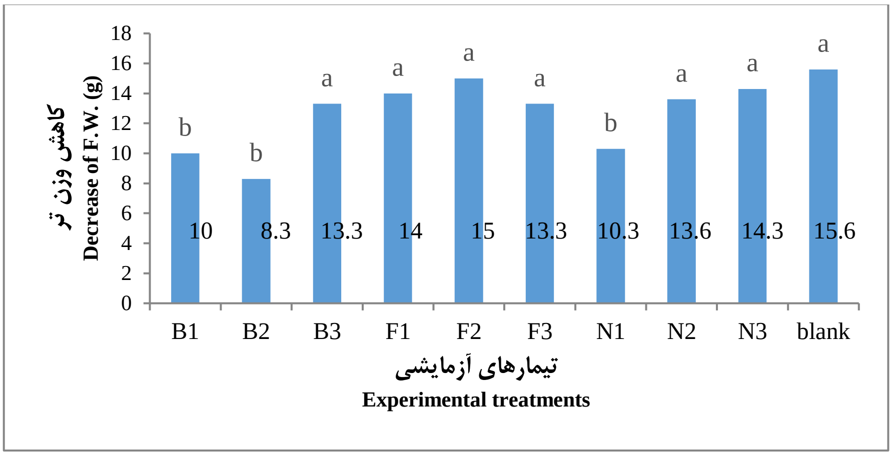
B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف بر کاهش وزن تر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر کاهش وزن تر نشان داد که بیشترین میانگین (۱۵/۶ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین میانگین (۸/۳ گرم) به تیمار ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج اختصاص داشت. البته تفاوت بین سطوح مختلف تیمارهای اسید فولویک و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس و تیمار ۵۰ درصد اسانس بهار نارنج با تیمار شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۷).

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف بر میزان کلروفیل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار کلروفیل نشان داد که بیشترین میانگین (۲/۵۳ میلی‌گرم در لیتر)، مربوط به تیمار ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار N_1 (۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس) نداشت. کمترین میزان کلروفیل برگ از تیمار شاهد با میزان ۱/۵۲ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد، البته تفاوت آن با تیمارهای ۵۰ درصد اسانس بهار نارنج، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس معنی‌دار نبود (شکل ۸).

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف روی پروتئین گلبرگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج (شکل ۹) نشان

داد که مقدار پروتئین در گل‌های شاخه‌بریده تیمارشده با ۵ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات مس (به‌ترتیب ۲۴/۸۱ و ۲۴/۰۶ میلی‌گرم در لیتر) و ۱۰ و ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج (به‌ترتیب ۲۴/۷۳ و ۲۲/۸۳ میلی‌گرم در لیتر)، به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار پروتئین در گل‌های شاخه‌بریده تیمارشده با سایر تیمارها بود. در مجموع، همه تیمارها نسبت به شاهد (با مقدار پروتئین ۵/۸۴ میلی‌گرم در لیتر) از مقدار پروتئین بیشتری برخوردار بودند، البته تفاوت تیمار شاهد با ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج معنی‌دار نبود. (جدول ۲).

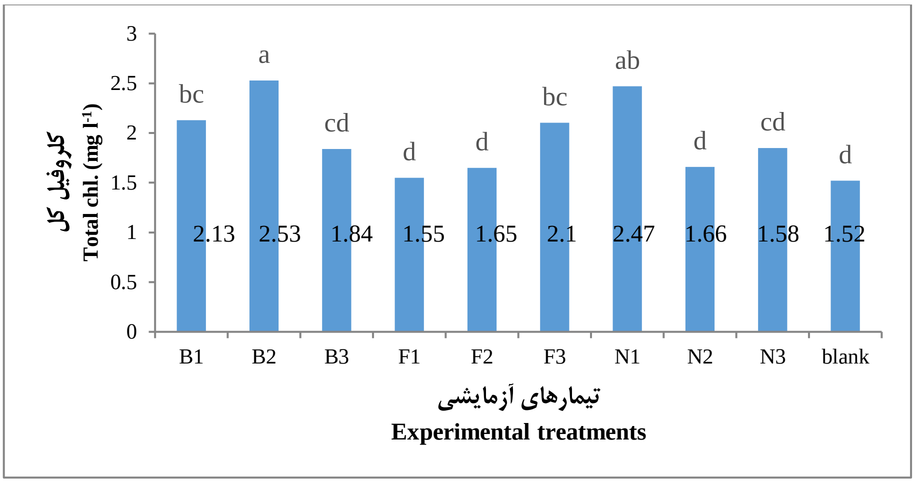


شکل ۷- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان کاهش وزن تر گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 7- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the amount of decreasing of fresh weight of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.



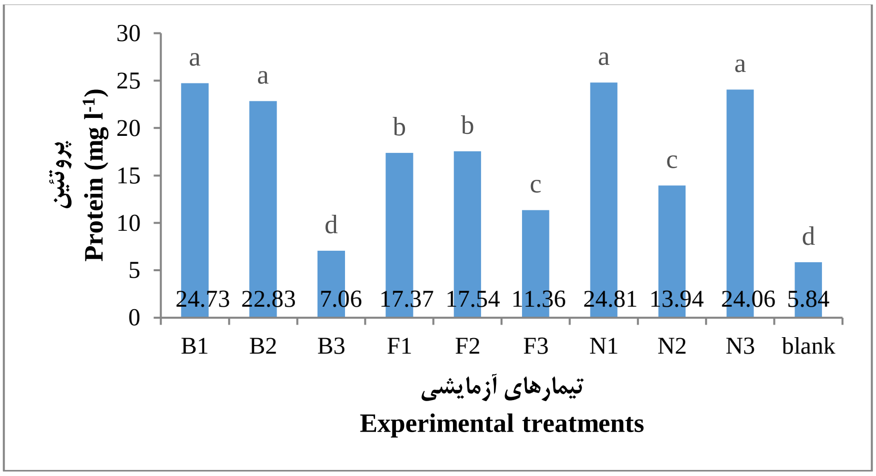
شکل ۸- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر محتوای کلروفیل کل گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 8- The effect of orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the total chlorophyll content of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

اثر تیمارهای مختلف بر میزان رنگیزه کاروتنوئید گلبرگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کاروتنوئید گلبرگ (۱/۷۲ میکروگرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج و کمترین مقدار آن (۰/۶ میکروگرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس بود که تفاوت آن با تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر این ماده، تیمار شاهد و تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک معنی‌دار نبود (شکل ۱۰).

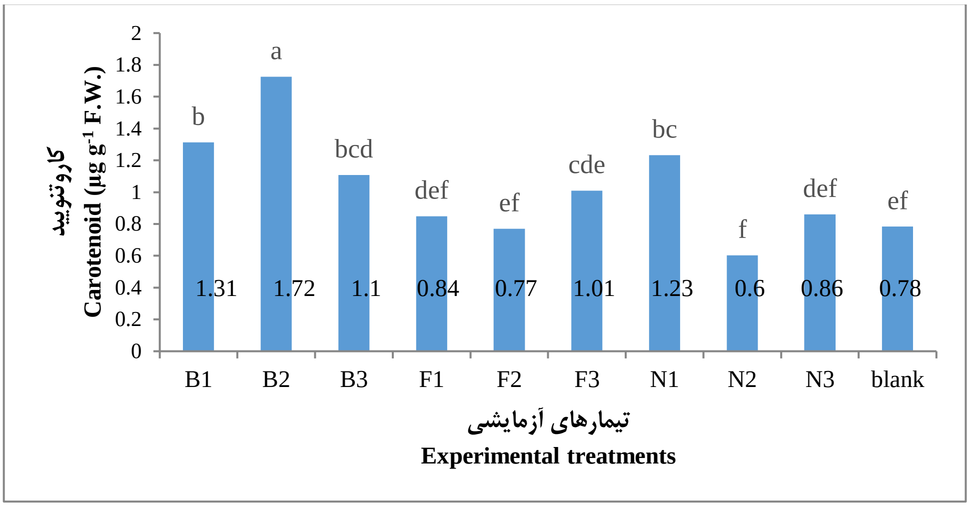


شکل ۹- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان پروتئین گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 9- The effect of orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the protein amount of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.



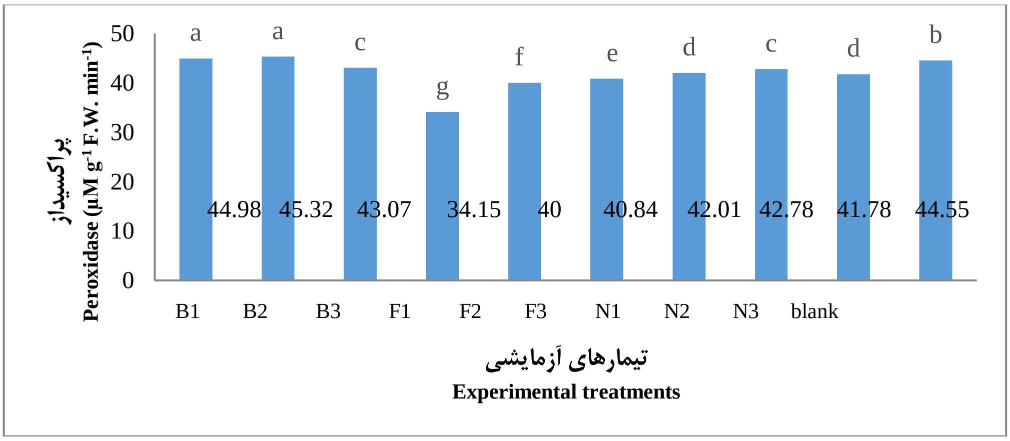
شکل ۱۰- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر محتوای کاروتنوئید گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 10- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the carotenoid content of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای به‌کار رفته بر تولید آنزیم پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز گل داوودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان تولید پراکسیداز (۴۵/۳۲ و ۴۴/۹۸ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)، به ترتیب مربوط به تیمارهای ۳۰ و ۱۰ درصد عصاره بهار نارنج و کمترین آن (۳۴/۱۵ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک بود (شکل ۱۱). در سطوح مختلف نانوذرات مس، بیشترین میزان در تیمار N2 (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) با مقدار ۴۲/۷۸ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه مشاهده گردید. بین سطوح مختلف اسید فولویک، بیشترین میزان مربوط به تیمار F_3 (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) با ۴۰/۸۴ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه بود (شکل ۱۱).

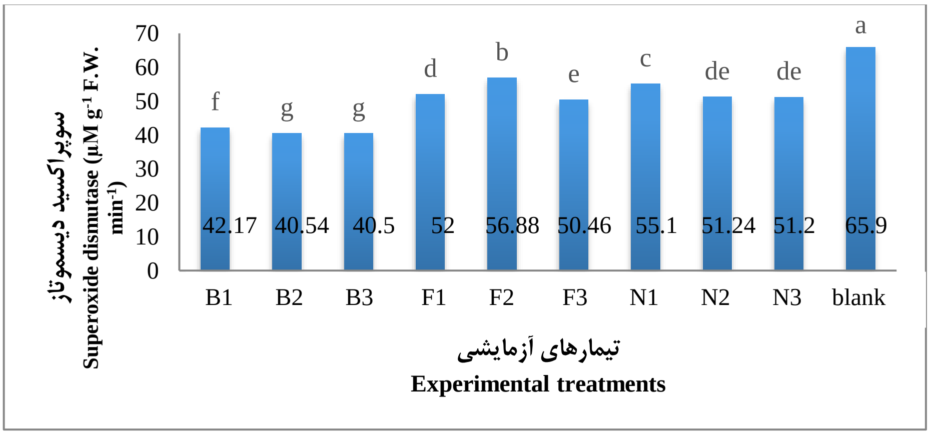


شکل ۱۱- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان پراکسیداز گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 11- The effect of orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the peroxidase amount of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.



شکل ۱۲- اثر عصاره بهار نارنج، اسید فولویک و نانوذرات مس بر میزان سوپراکسید دیسموتاز گل شاخه‌بریده داوودی

B1، B2 و B3: به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج، F1، F2 و F3: به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک، N1، N2 و N3: به‌ترتیب ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات مس و blank: شاهد

Figure 12- The effect of the orange spring essential oil, fulvic acid and cupper nanoparticles on the superoxide dismutase amount of chrysanthemum cut flower

B1, B2 and B3: 10, 30 and 50% orange spring essential oil, respectively, F1, F2 and F3: 50, 100 and 150 mg l^{-1} fulvic acid, respectively, N1, N2 and N3: 5, 10 and 20 mg l^{-1} cupper nanoparticles, respectively and blank: control.

بیشترین میزان سوپراکسید دیسموتاز (۶۵/۹ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) در تیمار شاهد مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. تیمارهای ۳۰ و ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج کمترین میزان سوپراکسید دیسموتاز را نشان دادند (شکل ۱۲).

بحث

یکی از مهم‌ترین عوامل کیفی گل‌های بریدنی، ماندگاری آنها می‌باشد، بنابراین، عمر طولانی‌مدت این گل‌ها بر میزان تقاضای مصرف‌کنندگان و هم‌چنین بر ارزش گل‌های بریدنی تأثیر به‌سزایی دارد (Nabigol *et al.*, 2007). به‌منظور حذف میکروارگانیسم‌ها، ضدعفونی‌کننده‌های مختلفی به محلول‌ها افزوده می‌شوند تا سبب افزایش ماندگاری گل‌ها شوند. در پژوهش حاضر، بالاترین عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده داوودی در هنگام استفاده از غلظت‌های مختلف نانوذرات مس در محلول نگهدارنده به‌دست آمد. نتایج مشابه توسط برخی محققین گزارش شد (Edrisi, 2010; Majino, 1975; Nabigol *et al.*, 2007).

مطالعات نشان دادند که موادی همچون نانو سولفات مس و سایر ذرات نانو در کاهش حساسیت بالای گل‌های شاخه‌بریده مانند داوودی و ژربرا به آلودگی باکتریایی انتهای ساقه، که سبب کاهش عمر پس از برداشت گل بریده می‌شود، مؤثر هستند که با نتایج مطالعه حاضر سازگار بود (Garavand *et al.*, 2023; Kamiab & Mohammadi, 2019; Nabigol *et al.*, 2007). ادریسی (Edrisi, 2010) گزارش کرد که مس در کنترل واکنش‌های اکسیداسیون و احیا به‌عنوان کوفاکتور سیتوکروم اکسیداز عمل می‌کند. در آزمایشی دیگر مشخص گردید که کاربرد مس به‌دلیل فعالیت ضد میکروبی سبب افزایش طول عمر گل‌های شاخه‌بریده می‌شود (Majino, 1975) که همه این موارد مؤید نتایج پژوهش حاضر بودند. در آزمایشی که روی گل میخک (*Dianthus caryophyllus* L.) انجام شد، گزارش شد که اثر محلول‌های نگهدارنده همچون ترکیبات مس به‌ویژه سولفات مس با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین تأثیر را روی افزایش طول عمر پس از برداشت و شکوفایی گل میخک داشته است (Edrisi *et al.*, 2008). همچنین نشان داده شده است که علت تأخیر در فرآیند پیری در گل‌ها از طریق کاربرد مس به دلیل شرکت در واکنش‌های آنزیمی مربوط به بیوسنتز و عملکرد اتیلن می‌باشد (Panou Filotheou *et al.*, 2011). بروچو و وودسون (Borochov & Woodson, 1989) گزارش کردند که کاربرد نانوذرات مس با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، کمترین جمعیت باکتری (۴۸/۳۳ واحد کلونی در هر میلی‌لیتر) را به خود اختصاص داده است. میکروارگانیسم‌ها در تولید اتیلن درون‌زا مؤثر هستند که موجب کاهش عمر گلجای گل‌های بریده و تولید ترکیبات سمی می‌شوند. در آزمایش دیگری روی گل شاخه‌بریده داوودی گزارش گردید که کاربرد نانوذرات مس با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۸–هیدروکسی کوئینولین بیشترین تأثیر را در افزایش درصد ماده خشک گیاه (به‌ترتیب ۲۹/۴۹ و ۳۲/۱۲ درصد) داشتند (Babakhani *et al.*, 2014). در آزمایش این محققان، بیشترین میزان کلروفیل a در گل شاخه‌بریده داوودی، در تیمار با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۸–هیدروکسی کوئینولین با ۷/۴۴ میکروگرم و در بین غلظت‌های مختلف نانوذرات مس، در تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با ۷/۰۵ میکروگرم مشاهده گردید (Babakhani *et al.*, 2014). نتایج حاصل از پژوهش‌های فوق با نتایج پژوهش حاضر منطبق است. در بین تیمارهای استفاده‌شده، عصاره بهار نارنج و نانو ذرات مس هر کدام در دو غلظت بالاترین میزان پروتئین را داشته‌اند. نانو ذرات مس به خصوص ۵ میلی‌گرم در لیتر بالاترین درصد ماده خشک را به همراه ۱۰ و ۳۰ درصد بهار نارنج داشته است و بعد از کربوهیدرات‌ها، بیشترین ماده خشک در گیاهان پروتئین‌ها هستند. عصاره بهار نارنج با داشتن ترکیبات فنلی و اثرات ضد گونه‌های فعال اکسیژن از درشت‌ملکول‌ها محافظت کرده و به این ترتیب میزان پروتئین در این تیمارها نیز بالا بود.

استفاده از اسانس‌ها در افزایش عمر گلجای برخی گل‌های شاخه‌بریده نشان داده شده است. اسانس‌ها با خاصیت ضد میکروبی خود عاملی برای کاهش میکروارگانیسم‌های انتهای ساقه و محلول گلجای در نتیجه افزایش جذب آب و روابط آبی می‌شوند. تداوم جذب آب همراه با ساکارز به ثبات کاروتنوئیدها کمک کرده است. یکی از اثرات غیر مستقیم باکتری‌ها تولید اتیلن است و اتیلن نیز از عوامل تخریب رنگدانه‌های گیاهی محسوب می‌شود. عصاره بهار نارنج با کنترل جمعیت باکتری مانع تولید اتیلن شده و از کاروتنوئیدها محافظت کرده است. در پژوهش حاضر، اسانس‌ها کلیه صفات مربوط به روابط آبی گیاه (باکتری محلول، باکتری ساقه، جذب آب، درصد ماده خشک، وزن تر و ...) را بهبود بخشیدند. البته کمترین باکتری محلول و ساقه در تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات مس نیز مشاهده شد. در ضمن، این تیمار بالاترین درصد ماده خشک را نیز نشان داد و از نظر جذب محلول و کاهش وزن تر نیز اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱۰ و ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج نداشت. به نظر می‌رسد داشتن روابط آبی مطلوب به‌تنهایی نمی‌تواند ضامن ماندگاری بیشتر گل‌های شاخه‌بریده باشد. ما در این آزمایش، موفق به اندازه‌گیری اتیلن نشدیم اما مطالعات روی جهش‌یافته *etr-1* در گیاه آرابیدوپسیس نشان داده که این جهش‌یافته نسبت به اتیلن داخلی و خارجی حساسیت نشان نداد و انتقال این ژن از گیاه تراریخت به غیرتراریخت منجر به غیرحساس شدن گیاه نسبت به اتیلن شد (Hoppen *et al.*, 2019). اخیراً ثابت شده است که اتصال اتیلن به *etr-1* به کوفاکتوری فلزی مانند مس نیازمند است و از

بین یون‌های فلزی متعدد فقط یون نقره اثری مشابه مس داشت (Hashemabadi, 2006). بنابراین، به احتمال زیاد یون مس موجود در نانوذرات مس با اتصال به گیرنده اتیلن (همانند یون نقره) افزایش عمر گلجای را موجب شده است.

نکته مهم دیگر این است که فعالیت آنزیم SOD در تیمارهای اسانس گیاهی کمتر از شاهد و نانوذرات مس بوده است ولی فعالیت آنزیم POD عکس SOD بوده است. بریدن گل از روی بوته مادری یک تنش محسوب می‌شود و همین امر باعث تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌شود. این امر که کدام رادیکال آزاد تولید شود و به تبع آن کدام آنزیم فعالیت بیشتری دارد، بستگی به شرایط آزمایش، نوع گیاه، شدت تنش و ... دارد. در این آزمایش به‌نظر می‌رسد رادیکال‌های غالب همان یون سوپراکسید بود و به‌دلیل کاهش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای اسانس، عمر گل‌های شاخه‌بریده تحت این تیمارها با کاهش مواجه شده است (Hashemabadi *et al.*, 2021). بنابراین، کاهش فعالیت آنزیم SOD از دلایل کاهش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده در تیمارهای اسانس محسوب می‌شوند، اگرچه در این تیمارها جمعیت باکتری‌ها کاهش نشان می‌دهد و آوندها برای جذب آب باز بودند ولی این امر به‌تنهایی برای ماندگاری بیشتر گل‌های شاخه‌بریده کفایت نمی‌کند. همچنین در مقالات متعددی گزارش شده که اسانس‌های گیاهی در افزایش عمر گلجای گل‌های زینتی موفقیت کمتری نسبت به ترکیبات شیمیایی دارند (Mohammadi Kabari & Jadid Solimandarabi, 2019). به عنوان مثال، محمدی کباری و جدید سلیماندارابی (Mohammadi Kabari & Jadid Solimandarabi, 2019) در مقایسه غلظت‌های مختلف اسانس گل محمدی و مرزه با ۸-هیدروکسی کوئینولین سولفات روی آلسترومریا مشاهده کردند که ۸-هیدروکسی کوئینولین سولفات حدود دو روز عمر گلجای را نسبت به اسانس‌ها و شش روز نسبت به شاهد افزایش داد. با وجود این در صورت استفاده از اسانس‌های گیاهی کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی به‌دلیل هزینه‌های بالا و زیان‌های زیست محیطی اتفاق می‌افتد.

در پژوهش حاضر، غلظت‌های مختلف اسید فولویک عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده را نسبت به غلظت‌های مختلف عصاره بهار نارنج بیشتر و نسبت به نانوذرات مس کمتر افزایش داد. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک با ۱۶ روز عمر گلجای در رده دوم قرار داشت و نسبت به شاهد دو روز عمر گلجای بیشتری را باعث شد. استفاده از اسیدهای آلی مانند اسید فولویک و اسید هیومیک در آزمایش‌های دیگر نیز برای افزایش ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده گزارش شده است (Chen & Aviad, 1990; Nikbakht *et al.*, 2012; Ravikumar & Natarajan, 2019). امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2014) اثر چهار غلظت از اسید هیومیک بر عمر پس از برداشت گل بریده ژربرا را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که اثر سطوح مختلف اسید هیومیک بر قطر گل، کلروفیل برگ، وزن تر و سایر صفات پس از برداشت این گل بریده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و بیشترین میزان کلروفیل و وزن تر در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. نیکبخت و همکاران (Nikbakht *et al.*, 2012) اثر غلظت‌های مختلف اسید فولویک و اسید هیومیک بر عمر پس از برداشت گل بریده ژربرا رقم 'Lourdes' را بررسی کردند و دریافتند که تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک باعث بالاترین افزایش در عمر گلجای شد. همچنین، اسید فولویک و اسید هیومیک باعث دفع آب کمتری از گل‌های شاخه‌بریده نسبت به شاهد شدند. برخی از این اسیدهای آلی شبیه تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی عمل می‌کنند و با اثر روی تنفس سلولی و میان‌کنش‌های آنزیمی و آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش عمر گلجای می‌شوند (Azza *et al.*, 2012; Naik & Jature, 2010; Pritam *et al.*, 2010; Zhang & Ervin, 2004). الله‌وردی‌زاده و نظری دلجو (Allahvirdizadeh & Nazari Deljou, 2014) تأثیر غلظت‌های صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک را بر شاخص‌های ریخت‌شناسی، جذب عناصر غذایی و دوام عمر پس از برداشت گل بریده همیشه‌بهار مطالعه کردند و دریافتند که اسید هیومیک بر صفات فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی گل همیشه‌بهار تأثیر چشمگیری داشته است. غلظت کلروفیل a و b و همچنین غلظت کل فنل در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر جذب عناصر غذایی فسفر و کلسیم در مقایسه با شاهد نیز داشت. همچنین، عمر گل به‌عنوان مهم‌ترین عامل کیفیت پس از برداشت، در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به شاهد، ۲۰ درصد افزایش یافت. نیکبخت و همکاران (Nikbakht *et al.*, 2008) اثر چهار غلظت مختلف از اسید هیومیک بر عمر پس از برداشت گل بریده ژربرا رقم مالیبو را بررسی کردند و دریافتند که تیمار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این ماده، تجمع کلسیم را در برگ و ساقه گل افزایش داد که این امر منجر به افزایش عمر پس از برداشت و کاهش ناهنجاری خمش گردن نسبت به شاهد گردید. همچنین، کاربرد اسید هیومیک پایداری غشای یاخته‌ای را افزایش داد و به‌دنبال آن درصد نشت یونی و آنتوسیانین از گلبرگ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که این نتایج اثر معنی‌دار اسید هیومیک بر بهبود عمر پس از برداشت گل‌های بریده را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

در مطالعات مربوط به عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده، معمولاً بالاترین عمر گلجای به‌عنوان بهترین تیمار معرفی می‌شود. در

این آزمایش کلیه تیمارهای حاوی نانوذرات مس و سپس تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک در زمره برترین تیمارها از نظر عمر گلجای بودند، اما این امر به معنی رد کردن استفاده از عصاره بهار نارنج نیست. با توجه به نتایج این آزمایش، غلظت ۵۰ درصد عصاره بهار نارنج غلظت بالایی است که به هیچ‌وجه توصیه نمی‌شود. غلظت ۱۰ و ۳۰ درصد عصاره بهار نارنج که در صفات مرتبط با روابط آبی بسیار خوب عمل کردند، در زمینه فعالیت آنزیم SOD و احتمالاً اتیلن مطلوب عمل نکردند و لذا بهبودی در عمر گلجای ایجاد نکردند. بنابراین، در بررسی‌های بعدی استفاده از غلظت‌های پایین‌تر مانند ۵ درصد و بالاتر مانند ۴۰ درصد، همچنین اندازه‌گیری میزان تعرق، تنفس، اتیلن، مالون دی‌آلدئید و نشت یونی نیز پیشنهاد می‌شود. مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی نیز باید مورد توجه قرار گیرند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری و مساعدت دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت در حمایت از این پژوهش قدردانی می‌گردد.

References

1. Adachi, M., Kawabata, S., & Sakiyama, R. (1999). Changes in carbohydrate content in cut chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat) Kitamura) 'Shuhou-no-chikara' stems kept at different temperature during anthesis and senescence. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, *68*, 505-512.
2. Allahvirdizadeh, N., & Nazari Deljou, M.J. (2014). Effect of humic acid on morph-physiological traits, nutrients uptake and postharvest vase life of pot marigold cut flower (*Calendula officinalis* cv. Crysantha) in hydroponic system. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *5*(2), 133-143. (In Persian with English abstract)
3. Amiri, M., Arab, M., Azadegan, B., & Motallebi, M. (2014). Investigation of the effect of humic acid on yield components and longevity of cut gerbera flowers. *Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources*, *11*(42), 46-49. (In Persian with English abstract)
4. Anju, B., Tripathi, S.N., Sehgal, O.P., & Bhat, A. (1999). Effect of pulsing, packaging and storage treatments on vase life of chrysanthemum cut flowers. *Advances in Horticulture and Forestry*, *6*, 125-131.
5. Azza, A.M., Mazhar Shaymaa, I., Shedeed, N.G., Abdel, A., Mona, H., & Mahgoub, M.H. (2012). Growth, flowering and chemical constituents of *Chrysanthemum indicum* L. plant in response to different levels of humic acid and salinity. *Journal of Applied Sciences Research*, *8*(7), 3697-3706.
6. Babakhani, M., Hashemabadi, D., & Kaviani, B. (2014). *Prolonging postharvest life and improving the activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes in chrysanthemum (Chrysanthemum morifolium* L.*) with plant essential oil, 8-hydroxyquinoline and copper nanoparticles.* In: National Conference on Applied Research in Science and Engineering, Takestan, Iran, April 23, pp. 2321-2326. (In Persian with English abstract)
7. Bartoli, G.G., Guiamet, J.J., & Montaldi, E.R. (1996). Ethylene production and response to exogenous ethylene in senescing petals of *Chrysanthemum morifolium* RAM. cv. Uncei. *Plant Science*, *124*, 15-21.
8. Borochov, A., & Woodson, R. (1989). Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Horticultural Reviews*, *11*, 15-43.
9. Bounatirou, S., Simitis, S., Miguel, M.G., Falerio, L., Rejeb, M.N., Neffati, M., Costa, M.M., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., & Pedro, L.G. (2007). Chemical composition antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff. et link. *Food Chemistry*, *105*, 146-155. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.059
10. Bradford, M.M. (1976). A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Biochemical*, *72*, 248-254.
11. Chanasut, U., Rogers, H.J., Leverentz, M.K., Griffiths, G., Thomas, B., Wagstaff, C., & Stead, A.D. (2003). Increasing flower longevity in Alstroemeria. *Postharvest Biology and Technology*, *29*, 324-332. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00048-6
12. Chen, Y., & Aviad, T. (1990). *Effect of humic substances on plant growth*. p. 161-186. In: MacCarthy P., Clapp C.E., Malcolm R.L., and Bloom P.R. (eds.), Humic substances in soil and crop science: Selected Readings, SSSA and ASA, Madison, WI.
13. Chizari, A., Yousefi, A., & Mousavi, H. (2007). A survey on export target markets of Iran ornamental plants. *Agricultural Economics and Development*, *14*(55), 47-66. (In Persian with English abstract)
14. Damunupola, J.W., Qian, T., Muusers, R., Joyce, D.C., Irving, D.E., & Van Meeteren, U. (2010). Effect of S-carvone on vase life parameters of selected cut flower and foliage species. *Postharvest Biology and Technology*, *55*, 66-69. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.07.009
15. Dole, J.M., & Wilkins, H.F. (1999). *Floriculture: principles and species*. Prentice Hall, New Jersey. 613 pp.

16. Eason, J.R, Morgan, E.R., Mullan, A.C., & Burge, G.K. (2001). Postharvest characteristics of Santonia ‘Golden Lights’ a new hybrid cut flower from *Sandersonia aurantiaca* × *Littonia modesta*. *Postharvest Biology and Technology*, *22*, 93-97. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00190-3
17. Edrisi, B. (2010). *Physiology after harvest of cut flowers*. Payam Digar Publication. 150 p. (In Persian)
18. Edrisi, B., Hasanzadeh, S., Naderikhah, N., Ansari, F., & Arabi, A. (2008). *Investigation of the effect of storage solutions on increasing the post-harvest life and flowering of cloves*. National Symposium on Strategies to Improve Production and Export of Iranian Flowers and Ornamental Plants. Mahallat. pp. 3-9. (In Persian with English abstract)
19. Garavand, S., Mousavi, S.F., & Hekmatara, H. (2023). Increasing vase life of cut gerbera cv. Rosalin flowers using nanocomposites as preservative solution. *Journal of Horticultural Science*, *37*(1), 261-275. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.76018.1154
20. Ghaffari Nejad, S.A., Nourghooli Pourand, F., & Gheibi, M.N. (2020). Biostimulants and their rolesin plant physiology, nutrient absorption and toleranceto abiotic stresses. *Journal of Land Management*, *8*(1), 47-68. (In Persian with English abstract)
21. Ghasemi Ghahsareh, M., & Kafi, M. (2006). *Scientific and practical floriculture*. Golban Publication. 335 p. (In Persian)
22. Giannopolitis, C., & Ries, N. (1977). Superoxide dismutases I: Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, *59*, 309-314.
23. Halvey, A.H., & Mayak, S. (1979). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. *Horticultural Reviews*, *1*, 204-234.
24. Hashemabadi, D. (2006). *Evaluation of the effect of 1-MCP on vase life of cut carnation cv. ‘Tempo’ flower*. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, 131 p. (In Persian)
25. Hashemabadi, D., Abedini Aboksari, H., Hedayat Rad, D., & Kaviani, B. (2021). Extracts of herbs and alcohol increase vase life of *Dianthus caryophyllus* L. cv 5 ‘Yellow Candy’. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, *27* (3), https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.05.009
26. Hematzadeh, A., Sedighi Dehkordi, F., & Moalemi, N.A. (2008). Effects of plant density and harvest time and preservative solutions on the vase life of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* cv. Chloe). *The Scientific Journal of Agriculture*, *30*(4), 53-66. (In Persian with English abstract)
27. Hoppen, C., Müller, L., Hänsch, S., Uzun, B., Milić, D., Meyer, A.J., Weidtkamp-Peters, S., & Groth, G. (2019). Soluble and membrane-bound protein carrier mediates direct copper transport to the ethylene receptor family. *Scientific Reports*, *9*, 10715. https://doi: 10.1038/s41598-019-47185-6
28. Hussein, H.A.A. (1994). Varietal response of cut flowers to different antimicrobial agents of bacterial contamination and keeping quality. *Acta Horticulturae*, *368*, 106-116.
29. Ichimura, K., Kojima, K., & Goto, R. (1999). Effects of temperature, 8-hydroxyquinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut rose flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *15*, 33-40.
30. Kamiab, F., Mohammadi, H. (2019). Evaluation of the effects of Fe and Cu nano chelates on some morphological and physiological characteristics of Narcissus *Psedudonarcissus narcissus* cv. *Jonquil*). *Journal of Horticultural Science*, *33*(2), 257-272. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.20084730.1398.33.2.8.6
31. Khalighi, A., & Shafie, M. (1999). Effects of chemical and temperatut treatments and harvesting stages on cut flower longivity and some other characteristics of carnation. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, *31*(1), 119-125. (In Persian with English abstract)
32. Liu, J.P., He, S.G., Zhang, Z.Q., Cao, J.P., Lv, P.T., He, S.D., Cheng, G.P., & Joyce, D.C. (2009). Nano-silver pulse treatments inhibit stem- end bacteria on cut gerbera cv. 'Ruikou' Flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *54*, 59-62. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.05.004
33. Majino, G. (1975). *The healing hand: Man and wound in the ancient world*. Harvard University Press, Cambridge. 600 p.
34. Maskouki, A., & Mortazavi, S.A. (2005). Inhibitory effects of thyme and ajowan oils on growth of *Aspergilus parasiticus* on pear during cold storage. *Journal of Water and Soil Science*, *8*(2), 207-215. (In Persian with English abstract)
35. Mazumdar, B.C., & Majumder, K. (2003). *Methods on physicochemical analysis of fruits*. Daya Publishing House, Calcutta University. pp.136-150.
36. Mirdehghan, S.H., Zeidabadi, S., & Roosta, H.R. (2012). Interaction of medicinal essential oils with calcium chloride and silver nitrate on quality and vase life of rose cut flowers. *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, *4*(28), 669-683. (In Persian with English abstract)
37. Mohammadi Kabari, S.F., & Jadid Solimandarabi, M. (2019). Improving alstroemeria vase life by plant extracts and 8-hydroxyquinoline sulfate. *Journal of Ornamental Plants*, *9*(1), 1-11.

38. Mohammadi, R., & Hashemabadi, D. (2016). Improvement postharvest longevity of alstroemeria (*Alstroemeria hybrida*) by sucrose, honey and citric acid. *Plant Ecophysiology*, *9*(29), 204–218. (In Persian with English abstract)
39. Mousavi Bazaz, A., & Tehranifar, A. (2011). Effect of ethanol, methanol and essential oil as novel agent to improve vaselife of Alstroemeria flowers. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, *5*, 41-46.
40. Nabigol, A. (2011). *Effect of sucrose, hydroxyquinoline citrate and aluminum sulfate on changes in internal carbohydrates and ethylene production during the post-harvest life of cut rose branches*. In: Proceeding of the 7th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Isfahan, Iran, September 5, pp. 2372-2375. (In Persian with English abstract)
41. Nabigol, A.A., Naderi, R., Babalar, M., & Kafi, M. (2007). Increasing vase life of chrysanthemum cut flowers by using floral preservatives and recutting. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *7*(4), 207-216. (In Persian with English abstract)
42. Naik, P.G., & Jature, S.D. (2010). Effect of bioenzymes on flower quality, yield and vase life of rose (*Rosa indica* L.) cv. Gladiator. *The Asian Journal of Horticulture*, *4*(2), 311-313.
43. Nikbakht, A., Etemadi, N., & Yazadni, B., & Majdi, M.M. (2012). *Application of humic and fulvic acids in nutrient solution affects postharvest characteristics of Gerbera jamesonnii* L. Proceeding XXVIIIth IHC – IS on Postharvest Technology in the Global Market, Eds.: M.I. Cantwell and D.P.F. Almeida. Acta Hort. 934, ISHS.
44. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Etemadi, N.A., Ebrahimzadeh, H., & Xia, Y.P. (2008). Effect of humic acid on calcium absorbtion and postharvest behavior of Gerbera jamesonii L. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *8*(4), 237-248. (In Persian with English abstract)
45. Oraee, T., Asgharzadeh, A., Kiani, M., & Oraee, A. (2011). The role of preservative compounds on number of bacteria on the end of stems and vase solution of cut *Gerbera*. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, *1*(3), 161-166.
46. Panou Filotheou, H., Bosabalidis, A.M., & Karataglis, S. (2011). Effect of copper toxicity on leaves of oregano (*Origanum vulgave* sub sp. '*hirtum*'). *Annals of Botany*, *88*, 207-274. https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1441
47. Petridou, M., Voyiatzi, C., & Voyiatzis, D. (2001). Methanol, ethanol and other compounds retard leaf senescence and improve the vase life and quality of cut chrysanthemum flowers. P*ostharvest Biology and Technology*, *23*, 79-83.
48. Pritam, S., Garg, V.K., & Kaushik, C.P. (2010). Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wastes. *Environmentalist*, *30*(2), 123-130. https://doi.org/10.1007/s10669-009-9251-3
49. Ravikumar, B., & Natarajan, S. (2019). Effect of biostimulants sprays on growth and flowering of cut gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) cv. Arkaamar. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *8*(9), 1742-1751. https://doi.org/10. 20546/ijcmas.2019.809.197
50. Yen, J.Y., Yen, C.F., Chen, C.C., Chen, S.H., & Ko, C.H. (2007). Family factors of internet addiction and substance use experience in Taiwanese adolescents. *Cyberpsychology and Behavior*, *10*(3), 323-329. https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9948
51. Zhang, X., & Ervin, E.H. (2004). Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, *5*, 1737-1745. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1737